RESEARCH HIGHLIGHTS

Technical Series 00-129

EXTENT OF CARBONATION IN BUILDINGS IN TORONTO

Introduction

Carbonation of concrete can cause serious structural problems. When it reaches reinforcing steel, the steel becomes susceptible to corrosion, and the cost of repairing corrosion damage is high. Diagnostic and preventative measures are therefore important.

Carbonation is a reaction of concrete to carbon dioxide and occurs when the pH level falls below 9.0. A literature review in the late 1980s, commissioned by Canada Mortgage and Housing Corporation (CMHC), concluded there was a significant potential for carbonation in some of the major urban centres in Canada and recommended further investigation.

CMHC subsequently commissioned this study to assess the impact of carbonation on concrete structures in Toronto.

Research Project

A total of 134 public and residential buildings were initially identified as potential candidates for testing. From these, a sample of 32 buildings was chosen and 28 were tested. The buildings, located in various parts of the Metropolitan Toronto area, represented all compass orientations. A total of 348 samples were tested.

For each building tested, core samples were taken from exposed surfaces, away from possible salt splash, in three locations: the top surfaces of balconies; vertical cast-in-place concrete columns and shear walls; and pre-cast concrete facades. To ensure that any potential surface disfigurement was kept to a minimum, cores were deliberately small, measuring 50 mm in diameter and 75 to 100 mm in length.

Immediately after drilling, the samples were placed in water to prevent further carbonation. They were then subjected to physical and chemical tests. These included splitting tensile, absorption and voids, carbonation depth, chloride-ion content and lime content.

A representative from the National Research Council provided guidance on site selection and sampling procedures, and assisted with data analysis.

Findings

The splitting tensile test determined that although the average strengths of the public buildings were slightly higher than for residential buildings, the difference was insignificant. This test revealed no correlation to carbonation and, as such, did not make a significant contribution to the findings. Absorption and voids testing also showed no clear difference between public and residential buildings, and made no significant contribution to the findings.

In assessing the depth of carbonation, four measurements were taken and averaged, because of the small size of the samples. Balcony concrete proved to be the most susceptible to carbonation, with cast-in-place vertical components next and pre-cast facades the least susceptible. No relationship was found between the age of a building and the depth of carbonation. Instead, carbonation depth emerged as a function of the quality of the concrete and possibly its constituents.

For the buildings in this study, most balconies would have had, according to code when built, 19 mm (3/4") cover; cast-in-place vertical components 38 mm (1 1/2") or 51 mm (2") cover; and precast facade panels a minimum of probably 19 mm (3/4"). For balconies, a cover of 19 mm combined with the average depth of existing carbonation derived from the samples would give a time-to-corrosion for the reinforcing steel of 82 years. However, in two buildings, corrosion depths have already been reached, and in a third of the balconies sampled, time-to-corrosion was assessed at 50 years.

It was determined that cast-in-place components in two buildings would reach 38 mm and 51 mm carbonation depths (point of corrosion) within 50 years. As well, pre-cast facade panels in two of the buildings will experience corrosion within 50 years.

CMHC SCHL

HOME TO CANADIANS
Canada

101-03269/

Test results indicated that all or virtually all chlorides were background chlorides present in the materials used to make the concrete. They therefore had little if any effect on carbonation. Some minor leaching or exterior chloride deposits may have occurred, but neither was of a magnitude to have any significant impact on the data.

A significant reduction in original water and lime content indicates that carbonation is taking place. Phenolphthalein is a simple, acid-base indicator test for lime content, but it is effective only to a limited depth. A thermogravimetric test augmented the phenolphthalein test to provide a more sensitive analysis of carbonation at greater depths.

Carbonation depth, as determined by phenolphthalein, appeared to be fairly superficial, as virtually all the original lime content was still present. However, thermogravimetric testing revealed significant reductions of lime content at greater depths than determined by the phenolphthalein indicator test.

Conclusions

The study showed that some of the buildings investigated will experience corrosion damage resulting from carbonation within their desired service life. Balconies in two buildings already had carbonation down to the steel reinforcements, and a third of all balconies examined had higher rates of carbonation penetration than desirable relative to service life expectancy.

None of the vertical cast-in-place components or pre-cast cladding panels had carbonation equal to cover depths. However, two buildings in each category had excessively high carbonation penetration relative to their service life expectancy.

Thermogravimetric testing showed that phenolphthalein should not be relied on for assessing lime content, as it can greatly underestimate carbonation depths. The actual time to corrosion may be significantly less than predicted by the simple indicator test. Thermogravimetric testing, or other tests perhaps, is therefore essential for determining carbonation depths.

The drilling and testing procedures used proved to be technically sound and economic. The splitting tensile and absorption and void data were beneficial in confirming the absence of anomalies in other data. Given that these tests did not otherwise make a significant contribution to the findings, they are not considered essential for future field studies. The chloride-ion content test also eliminated the possibility of anomalies. In future studies, it would not be necessary to use this as a primary test, but it could be reserved for second-stage testing, if initial carbonation tests indicate further testing is necessary.

Project Manager: A. J. Houston

Research Report: *Extent of Carbonation in Buildings in Toronto, 1990*

Research Consultant: John A. Bickley Associates Ltd.

A full report on this project is available from the Canadian Housing Information Centre at the address below.

Housing Research at CMHC

Under Part IX of the *National Housing Act*, the Government of Canada provides funds to CMHC to conduct research into the social, economic and technical aspects of housing and related fields, and to undertake the publishing and distribution of the results of this research.

This fact sheet is one of a series intended to inform you of the nature and scope of CMHC's research.

The **Research Highlights** fact sheet is one of a wide variety of housing-related publications produced by CMHC.

For a complete list of **Research Highlights**, or for more information on CMHC housing research and information, please contact:

The Canadian Housing Information Centre
Canada Mortgage and Housing Corporation
700 Montreal Road
Ottawa, ON K1A 0P7

Telephone: 1 800 668-2642
FAX: 1 800 245-9274

OUR WEB SITE ADDRESS: www.cmhc-schl.gc.ca/Research

The information in this publication represents the latest knowledge available to CMHC at the time of publication and has been thoroughly reviewed by experts in the housing field. CMHC, however, assumes no liability for any damage, injury, expense or loss that may result from the use of this information.

LE POINT EN RECHERCHE

Série technique 00-129

ÉTENDUE DE LA CARBONATATION DANS DES BÂTIMENTS DE TORONTO

Introduction

La carbonatation du béton peut être à l'origine de graves problèmes structuraux. Quand l'acier d'armature est atteint, il devient vulnérable à la corrosion, et les dommages causés sont très coûteux à réparer. Il importe donc de pouvoir diagnostiquer les problèmes en vue de prendre des mesures préventives.

La carbonatation est une réaction du béton au dioxyde de carbone qui survient lorsque le pH est inférieur à 9,0. Une étude documentaire effectuée à la fin des années 80, commandée par la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL), avait conclu que le risque de carbonatation dans certaines grandes agglomérations urbaines du Canada était élevé et que le sujet méritait un examen approfondi.

Par la suite, la SCHL a commandé l'étude dont il est ici question afin d'évaluer les effets de la carbonatation sur les structures de béton à Toronto.

Programme de recherche

On a tout d'abord repéré 134 bâtiments publics et résidentiels susceptibles de convenir à l'étude. Puis, l'équipe de recherche a sélectionné un échantillon de 32 bâtiments parmi ce groupe initial pour finalement en retenir 28. Situés dans divers secteurs du Grand Toronto, ces bâtiments étaient représentatifs de toutes les orientations géographiques. En tout, 348 échantillons ont été analysés.

Pour chaque bâtiment examiné, des carottes de béton ont été prélevées de surfaces exposées à l'air, mais non aux éclaboussures de sel, c'est-à-dire à la surface des dalles de balcon, sur les colonnes et les murs de contreventement en béton coulé en place et sur les façades en béton préfabriqué. Pour ne pas trop défigurer les surfaces, on a délibérément prélevé de petites carottes de 50 mm de diamètre et de 75 à 100 mm de longueur.

Tout de suite après le forage, les échantillons ont été placés dans l'eau pour éviter que la carbonatation se poursuive. Les carottes ont ensuite été soumises à des analyses physiques et chimiques, à savoir la rupture à la traction, la capacité d'absorption et le nombre de cavités, la profondeur de la carbonatation, les concentrations en ions chlorure et la teneur en chaux.

Un représentant du Conseil national de recherches a offert des directives sur le choix des bâtiments et des méthodes d'essai et a participé à l'analyse des données.

SCHL CMHC

AU COEUR DE L'HABITATION

Canada

Résultats

L'essai de rupture à la traction a permis de déterminer que même si les bâtiments publics étaient légèrement plus résistants que les bâtiments résidentiels, la différence était négligeable. Cet essai n'a révélé aucune corrélation avec la carbonatation et, de ce fait, a peu contribué aux conclusions. Les essais relatifs aux taux d'absorption et aux vides n'ont pas non plus indiqué de différence manifeste entre les bâtiments publics et les bâtiments résidentiels, et n'ont pas non plus fait progresser l'étude.

Pour évaluer la profondeur de la carbonatation, les chercheurs ont pris quatre mesures dont ils ont fait la moyenne en raison de la petite taille des échantillons. Le béton des balcons s'est avéré le plus sensible à la carbonatation, suivi par les structures verticales de béton coulé en place. Les façades en béton préfabriqué étaient quant à elles les moins sensibles à cet égard. On n'a pu établir aucun lien entre l'âge d'un bâtiment et la profondeur de la carbonatation. Il est plutôt ressorti qu'elle dépendait davantage de la qualité du béton et, probablement, de ses composants.

Dans le cas des bâtiments à l'étude, la plupart des balcons auraient dû bénéficier, lors de leur construction et selon les exigences du Code du bâtiment, d'un enrobage de béton de 19 mm (3/4 po) ; celui des éléments verticaux en béton coulé en place aurait dû être de 38 mm (1 1/2 po) ou de 51 mm (2 po) ; et celui des panneaux de façade préfabriqués aurait dû atteindre au moins 19 mm (3/4 po). Pour ce qui est des balcons, un enrobage de 19 mm combiné avec la profondeur moyenne de la carbonatation existante décelée grâce aux échantillons devrait donner un temps de corrosion de l'acier d'armature de 82 ans. Toutefois, dans deux bâtiments, la profondeur de corrosion avait déjà été atteinte et, pour le tiers des balcons étudiés, le temps de corrosion a été évalué à 50 ans.

On a déterminé que les éléments coulés en place de deux bâtiments verraient leur profondeur de carbonatation (point de corrosion) atteindre 38 mm et 51 mm en 50 ans. De plus, les panneaux de façade préfabriqués de deux bâtiments commenceront à se corroder dans les 50 ans.

Les résultats des essais indiquent que tous, ou presque tous, les chlorures étaient d'origine naturelle et étaient donc déjà présents dans les composants ayant servi à la fabrication du béton. Ils ont donc eu peu d'incidence sur la carbonatation. Il est peut-être survenu un certain lessivage ou l'ajout de dépôts extérieurs de chlorure, mais pas suffisamment pour influer sur les données.

Une réduction importante de la teneur initiale en eau et en chaux indique que la carbonatation se produit effectivement. La phénolphthaléine est un indicateur acide-base simple utilisé pour déterminer la teneur en chaux, mais elle n'est efficace que jusqu'à une certaine profondeur. Une analyse thermogravimétrique a permis de compléter l'essai à la phénolphthaléine pour brosser un tableau plus précis de la carbonatation à des profondeurs plus grandes.

La profondeur de carbonatation, établie par la phénolphthaléine, a semblé plutôt superficielle, puisqu'on pouvait encore y déceler pratiquement toute la chaux originale. Toutefois, l'analyse thermogravimétrique a révélé d'importantes diminutions de la teneur en chaux à des profondeurs plus importantes que ce qu'on avait pu observer avec l'indicateur à la phénolphtaléine.

Conclusions

Cette étude a montré que certains des bâtiments examinés vont présenter des dommages dus à la corrosion provoquée par la carbonatation pendant leur durée utile souhaitée. Les balcons de deux bâtiments présentaient déjà des signes de carbonatation à la hauteur des armatures d'acier et un tiers de tous les balcons examinés affichaient des taux de pénétration de la carbonatation supérieurs à ce qui est souhaitable compte tenu de la durée utile prévue.

Aucun des éléments verticaux en béton coulé en place ni aucun des panneaux de parement en béton préfabriqué ne présentait de taux de carbonatation égaux aux profondeurs d'enrobage. Cependant, deux bâtiments dans chaque catégorie affichaient des taux de pénétration de la carbonatation excessivement élevés par rapport à leur durée utile prévue.

L'analyse thermogravimétrique a montré qu'on ne peut se fier à la phénolphtaléine pour déterminer la teneur en chaux puisqu'elle peut sous-estimer considérablement les profondeurs de carbonatation. Le temps de corrosion réel peut être de beaucoup inférieur à celui prédit par l'analyse simple avec indicateur. L'analyse thermogravimétrique, ou peut-être d'autres analyses, est donc essentielle pour déterminer la profondeur de la carbonatation.

Les forages et les analyses effectués se sont avérés économiques et fiables sur le plan technique. Les données sur la rupture à la traction, l'absorption et les vides ont été utiles pour confirmer l'absence d'anomalies dans les autres données. Comme ces analyses n'ont pas beaucoup contribué aux conclusions, les chercheurs ne les considèrent pas comme essentielles pour de futures études sur le terrain. L'analyse des concentrations en ions chlorure a aussi permis d'éliminer la possibilité d'anomalies. Dans d'éventuelles études, il ne serait pas nécessaire de l'utiliser comme analyse primaire. On la réservera plutôt à un processus d'essai de deuxième étape si les analyses de carbonatation initiales incitent à tenir de plus amples essais.

Directeur de recherche : A. J. Houston

Rapport de recherche : *Extent of Carbonation in Buildings in Toronto, 1990*

Consultants de recherche : John A. Bickley Associates Ltd.

On peut obtenir un rapport complet sur ce projet de recherche auprès du Centre canadien de documentation sur l'habitation à l'adresse indiquée ci-après.

Recherche sur le logement à la SCHL

Aux termes de la partie IX de la *Loi nationale sur l'habitation*, le gouvernement du Canada autorise la SCHL à consacrer des fonds à la recherche sur les aspects socio-économiques et techniques du logement et des domaines connexes, et à en publier et à en diffuser les résultats.

Le présent feuillet documentaire fait partie d'une série visant à vous informer sur la nature et la portée du programme de recherche de la SCHL.

Les feuillets documentaires de la série **Le point en recherche** comptent parmi les diverses publications sur le logement produites par la SCHL.

Pour recevoir la liste complète de la série Le point en recherche, ou pour obtenir des renseignements sur la recherche et l'information sur le logement de la SCHL, veuillez vous adresser au :

Centre canadien de documentation sur l'habitation
Société canadienne d'hypothèques et de logement
700, chemin de Montréal
Ottawa (Ontario) K1A 0P7

Téléphone : 1 800 668-2642
Télécopieur : 1 800 245-9274

NOTRE ADRESSE SUR LE WEB: http://www.cmhc-schl.gc.ca/Recherche

LNH 2267

Cette publication contient les renseignements les plus à jour dont disposait la SCHL au moment de sa parution et ont été revus, par des expets du secteur de l'habitation. Toutefois, la SCHL n'assume aucune responibilité pour les dommages, les blessures, les coûts et les pertes pouvant découler de l'utilisation de ces renseignements